



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA – PÓS LABORAL

ESTÁGIO PROFISSIONAL

**ANÁLISE DO AUMENTO DE POTÊNCIA FIRME PARA A ALIMENTAÇÃO DAS
CARGAS ELÉCTRICAS DO CENTRO DE TRATAMENTO DE FUMOS (CTF) DA
FÁBRICA DE ALUMÍNIOS MOZAL EM BELULUANE – MATOLA**

Autor(a):

Karen Nhanombe

Supervisores:

Eng Anacleto Albino

Eng Manuel Telles

Maputo, julho 2022

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA – PÓS LABORAL**

ESTÁGIO PROFISSIONAL

**ANÁLISE DO AUMENTO DE POTÊNCIA FIRME PARA A ALIMENTAÇÃO DAS
CARGAS ELÉCTRICAS DO CENTRO DE TRATAMENTO DE FUMOS (CTF) DA
FÁBRICA DE ALUMÍNIOS MOZAL EM BELULUANE – MATOLA**

Autor(a):

Karen Nhanombe

Supervisores:

Eng Anacleto Albino

Eng Manuel Telles

Maputo, julho 2022

Para: UEM – Faculdade de Engenharia

Nossa Ref:03/2022

De: Midy, Lda Tel: +258 843500030

Email: benicio.mechico@midy.co.mz

Matola, 29 de Março de 2022

Assunto: Resposta à Solicitação de Vaga de Estágio Profissional

Em resposta à vossa solicitação de vaga de Estágio Profissional com a referência FE-005/2022, datada de 22 de Março de 2022, cumpre à Direcção da Midy Lda informar que a **Karen Ermelinda Ortígio Nhanombe** encontra-se actualmente a desenvolver o Estágio Profissional na Midy Lda desde o dia 25 de Março do ano corrente, prevendo-se o seu término à 24 de Junho de 2022.

Sem mais de momento, os nossos melhores cumprimentos.

Atenciosamente

Midy Lda


Benício Mechico
(Coordenador de RH)

MIDY
ENERGIA & SERVIÇOS

Declaração de Estágio

De: Midy, Lda

Nossa Ref: 25/2022

Tel: +258 843500030

Email: Info@midy.co.mz

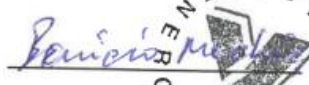

Matola, 24 de Junho de 2022

Para os devidos efeitos, declaramos que **Karen Ermelinda Nhanombe**, estudante da Universidade Eduardo Mondlane – Faculdade de Engenharia, curso de Licenciatura em Engenharia Electrica, prestou o estágio pré-profissional nesta empresa no período de 25 de Março de 2022 a 24 de Junho de 2022 no Departamento de Produção.

No período em referência a estagiária demonstrou interesse e dedicação em aprender nas tarefas que lhe eram atribuídas e teve um bom comportamento.

Por ser verdade, passamos o presente certificado que vai assinado e autenticado com o carimbo em uso na instituição.

Entidade Cedente

Benício Mechico
(Coordenador de RH)

Até Tem 14:00 h
Ativo de At. [Signature]
20.04.2022



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
Curso de Engenharia Eléctrica

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL06	Data	07/03/2022
--------------------	--------------	------	------------

1. TÍTULO DO TEMA

ANÁLISE DO AUMENTO DE POTÊNCIA FIRME PARA A ALIMENTAÇÃO DAS CARGAS ELÉCTRICAS DO CENTRO DE TRATAMENTO DE FUMOS (CTF) DA FÁBRICA DE ALUMÍNIOS MOZAL EM BELULUANE – MATOLA

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

2.1 Introdução

A MOZAL tem dois barramentos de 132 kV, um barramento principal usado para alimentar todas as cargas eléctricas e um barramento de reserva usado para situações de emergência ou para efeitos de manutenção preventiva, correctiva e predictiva. Os três (3) transformadores de potência trifásicos de 31,5 MW, 132/22KV, 50 Hz, são alimentados pelos barramentos, e alimentam a rede em anel de 22kV, no qual estão interligadas todas as “Substations” (termo designado internamente para indicar um posto de transformação ou uma subestação) existentes na rede de energia eléctrica interna da MOZAL.

Esta rede é constituída por mais de 20 Substations (23), das quais, duas (2) delas são principais, interligando-se por uma rede em anel e às restantes Substations (21) que se encontram distribuídas pela fábrica.

A alimentação do Posto de transformação Centro de tratamento de Fumos, designado internamente por “Substation 12”, o termo no qual será citado ao longo do trabalho, provém da Substation 9, que além de alimentar as cargas do CTF, alimenta também as cargas dos fornos de cozimento.

A “Substation 12” foi concebida para alimentar as cargas do CTF responsáveis pelo tratamento dos gases e vapores resultantes do processo da solda . Este tratamento é dado pela

[Signature]

exaustão de fumos e gases da solda, isto é, capta os gases tóxicos directo na fonte onde são gerados; e pela criação da pressão negativa dentro do forno para puxar e direccionar o fumo, reduzindo a transferência de calor por convecção no ambiente de trabalho e a contaminação do meio ambiente. O CTF é constituído por motores, ventoinhas ligadas aos motores, torres de arrefecimento, equipamentos de pressão e compressores.

2.2 Formulação do problema

O Posto de Transformação do Centro de Tratamento de Fumos, é um dos grandes centros de alimentação das cargas eléctricas localizadas na Planta de Carbono da Mozal. É aqui que se encontra a designada “substation 12”, que é um centro alimentador com consumo de alta potência de cargas eléctricas de força motriz trifásicas de baixa tensão a 400 V, 50 Hz, e cuja função é, a de proteger e comandar máquinas industriais.

As cargas deste Centro de Tratamento de Fumos, designado internamente por FTC – “Fume Treatment Center” são alimentadas pela “Substation 12”, a partir de dois (2) transformadores de potência trifásicos e por meio de um (1) Centro de Alimentação de cargas de Força Motriz em Baixa Tensão.

No entanto, estes dois (2) transformadores de potência trifásicos, só suportam todas cargas de força motriz do CTF, quando estes operam em paralelo. E nas eventuais operações periódicas de manutenção ou de emergência, em qualquer um (1) dos transformadores de potência, levam à gestão logística da saída de uma parte das cargas de força motriz do CTF, de modo a garantir a redução de carga eléctrica de consumo e o sucesso da realização destas manobras.

2.3 Justificativa

A potência de energia eléctrica não é suficiente para se conseguir manter a continuidade na alimentação de energia eléctrica ao Centro de Tratamento de Fumos sem interrupções, como no caso da realização de uma manutenção preventiva ou de uma emergência.

Deste pressuposto podemos estabelecer diversas hipóteses, que nos possam permitir ultrapassar esta insuficiência de potência, tal como:



01 A aquisição, montagem e ligação de bancos condensadores fixos e independentes de ligação aos transformadores;

02 A aquisição, montagem e ligação de mais um (1) transformador de potência trifásico, com a mesma capacidade potência nominal dos dois (2) já existentes, de 2000 KVA cada, para poder manter alimentação de energia eléctrica às cargas, no caso de manutenção ou de emergência em um (1) dos transformadores instalados.

2.4 Objectivo geral

- Analisar o aumento da potência firme para a alimentação das cargas eléctricas do Centro de Tratamento de Fumos (designado internamente por “substation 12”).

2.4.1 Objectivos específicos

- Efectuar o levantamento da carga eléctrica de consumo de força motriz ligada, através deste Posto de Transformação do Centro de Tratamento de Fumos;
- Analisar a carga eléctrica de consumo de força motriz ligada, através deste Posto de Transformação do Centro de Tratamento de Fumos;
- Concluir qual a melhor forma de alimentar a carga de eléctrica ligada, através deste Posto de Transformação do Centro de Tratamento de Fumos;

2.5 Metodologia

Para o alcance destes objectivos, propõe-se a pesquisa:

I. Quanto à abordagem

- **Pesquisa quantitativa:** consiste na análise e aquisição de dados de forma a apresentar resultados consistentes para o aumento da potência no Poste de Transformação do Centro de Tratamento de Fumos.

II. Quanto à natureza

- **Pesquisa aplicada:** consiste na aplicação prática do conhecimento para a solução do problema específico de insuficiência de potência no Posto de Transformação do Centro de Tratamento de Fumos.

III. Quanto aos objectivos

- **Pesquisa exploratória:** consiste na delimitação do tema pesquisa, na fixação dos objectivos e na formulação das hipóteses para o aumento de potência firme para a



alimentação das cargas eléctricas do Centro de Tratamento de Fumos.

V. Quanto aos procedimentos

- **Pesquisa bibliográfica:** Análise e aquisição de toda a informação, quer seja em formato digital e/ou físico, por forma a adquirir uma fundamentação sobre os elementos pertencentes a um Posto de Transformação, sendo apresentado o seu princípio de funcionamento e a sua metodologia de dimensionamento;
- **Pesquisa de campo:** consiste na recolha da informação por meio de intercâmbio com profissionais da área, ideias e conhecimentos para a concepção do projecto.

3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

FÁBRICA DE ALUMÍNIOS MOZAL EM BELULUANE – MATOLA

4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Engº Anacleto Albino	Anacleto José Albino 28/04/2022
Co-supervisor	Engº Manuel Telles	Manuel Telles
Da Instituição	Paulo Cossa	Paulo Cossa 28/04/2022

Maputo, 28 de 04 de 2022

O estudante
Karen Nhanombe
(Karen Nhanombe)

O Director do Curso
Zefanias José Mabote
(Eng. Zefanias José Mabote)
29.04.2022

O Chefe da Comissão Científica
José Nelson Guambe
(Mestre José Nelson Guambe, Eng.)
04/05/22

Plano de actividades

Trabalho de Estágio Profissional

Tema: ANÁLISE DO AUMENTO DE POTÊNCIA FIRME PARA A ALIMENTAÇÃO DAS CARGAS ELÉCTRICAS DO CENTRO DE TRATAMENTO DE FUMOS (CTF) DA FÁBRICA DE ALUMÍNIOS MOZAL EM BELULUANE – MATOLA

Referência: 2022ELEPPL06

Semana	Data Prevista	Data de encontro	Hora	Assunto
1	15/04/2022	20/04/2022	10:00 - 10:30	Correção e análise do tema do TAT
2	25/04/2022	27/04/2022	13:30 - 14:00	Correção dos objectivos e da metodologia do TAT
3	18/05/2022		10:00 - 10:30	Análise da revisão bibliográfica do Projecto
4	08/06/2022		10:00 - 10:30	Análise descritiva e justificativa do Projecto
5	15/06/2022		10:00 - 10:30	Conclusões, Recomendações, Referências Bibliográficas do Projecto
Supervisor: Engº Anacleto Albino		Assinatura: <i>Anacleto José Albino</i> 28/4/2022		
Estudante: Karen Nhanombe		Assinatura: <i>Karen Nhanombe</i>		

Observações:

Data:

12/04/2022

Nome do estudante:

Karen Nhanombe

(Karen Nhanombe)

ANEXO 10.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortúgio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 45)										

3. Argumentação										
3.1.Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2.Rigor	1	2	3	4	5					
3.3.Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4.Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5.Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4.Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal(max: 20)					

Total de pontos (max: 100)	
-----------------------------------	--

Nota (=Total*0,2)	
--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

ANEXO 12.

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE
(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortígio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data: 07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane - Matola

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
Total de pontos (max: 35)					

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35)

Nota (=Total*20/35)



TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que a estudante **Karen Ermelinda Ortígio Nhanombe**, entregou no dia **04/07/2022** as 2 cópias do relatório do seu Estágio Profissional com a referência: **2022ELEPPL06**, intitulado: **Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane - Matola**

Maputo, 04 de julho de 2022

A Chefe de Secretaria

(Dr^a. Arlete Chiconela)

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Karen Ermelinda Ortígio Nhanombe**, declaro que o presente Relatório de Estágio Profissional nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu labor individual.

Maputo, 04 de julho de 2022

(Karen Ermelinda Ortígio Nhanombe)

DEDICATÓRIA

Ao Senhor Deus Todo Poderoso.

Aos meus pais, Ortício Nhanombe e Maria Celeste Come.

Ao meu namorado, Victoire Kakesse.

AGRADECIMENTOS

A Deus seja toda glória, toda honra e todo louvor, pelo dom da vida, pelo dom da esperança e pelo dom da perseverança para concretização de mais uma etapa importante na minha vida a nível acadêmico.

Aos meus Pais, Ortígio Luis Filipe Nhanombe e Maria Celeste Jorge Come, pelo seu apoio incondicional, emocional e incentivo para a minha formação acadêmica.

Ao meu namorado, Victoire Kakesse, pelo seu apoio, incentivo e constante motivação durante o meu percurso acadêmico.

Aos meus irmãos Júnior, Gizela e Cintia, aos meus Tios e a minhas Avós Ermelinda Nhanombe (em Memória) e Isabel Mabote, pelo carinho, apoio e suporte durante o meu percurso acadêmico.

Ao meu Supervisor Engenheiro Anacleto Albino e ao meu Co-Supervisor Engenheiro Manuel Telles, pela paciência, pelos conselhos e pelo esforço, sem exceção, durante a realização deste trabalho.

Ao corpo docente do Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia da UEM por transmitirem conhecimentos fundamentais ao longo curso acadêmico .

Aos meus colegas da faculdade, com quem compartilhei os altos e baixos desta jornada.

Aos colegas da MIDY e da MOZAL, que estiveram sempre ao meu lado esclarecendo as dúvidas do dia a dia da engenharia, contribuindo desta forma para a realização deste trabalho.

Por fim, a todos que contribuíram directamente / indirectamente para a minha formação académica, os meus sinceros agradecimentos. Que Deus abençoe a todos!

RESUMO

As instalações do Centro de Tratamento de Fumos (CTF) da Fábrica de Alumínios Mozal, necessitam de infraestruturas e tecnologias de suporte que garantam o seu correcto funcionamento e lhes forneçam todas as valências necessárias à sua actividade.

Esta instalação possui uma carga de consumo de elevada potência da fonte alimentação. Contudo, para garantir o seu correcto funcionamento e alimentar a carga de consumo instalada, é necessário que os dois transformadores de potência trifásicos pertencentes ao posto de transformação 12 dessa instalação operem em paralelo.

No entanto, para a realização das manutenções periódicas em um dos transformadores de potência trifásicos desta instalação de forma eficiente, os operadores são obrigados a reduzir a carga de consumo de força motriz da instalação, para que o transformador de potência trifásico em serviço garanta alimentação da instalação.

Visto a questão da insuficiência de potência na fonte de alimentação e a dificuldade que os operadores enfrentam para a realização das manutenções periódicas nos transformadores potência trifásicos da instalação, faz se necessário uma análise da carga eléctrica, através, da levantamento e da avaliação da carga eléctrica, e a partir deste pressuposto analisar as hipóteses propostas para o aumento da potência firme nessa instalação e concluir qual é a solução viável, sob o ponto de vista económico e qualidade no fornecimento de energia eléctrica.

Palavras-Chave: Posto de Transformação, Transformadores de Potência trifásicos e carga.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.2. Justificativa	4
1.3. Objectivos.....	5
1.3.1. Objectivo geral	5
1.3.2. Objectivos específicos	5
1.4. Metodologia	6
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	7
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1. Posto de transformação	8
2.1.1. Classificação	8
2.1.2. Constituição	9
3. CARGA ELÉCTRICA.....	18
3.1. Levantamento da carga eléctrica ligada, através do PT 12	18
3.2. Análise da carga de consumo de força motriz ligada através do PT 12	21
3.2.1. Avaliação da carga	21
3.2.2. Avaliação da Fonte	23
3.3.1. Seleção das protecções	29
4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	31
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
ANEXOS	1

LISTA DE SÍMBOLOS

MW – Megawatt

MT - Média Tensão

kV - Quilo Volt

kVA - Quilo Volt Ampère, é a unidade que representa a potência aparente

Hz – Hertz, é a unidade da frequência

BT - Baixa Tensão

V – Volt, é a unidade que representa a tensão eléctrica

A – Ampère, é a unidade que representa a corrente eléctrica

kW - Quilo Watts, é a unidade que representa a potência activa

μF – Micro Faraday, é a unidade que representa a capacitância

kVAr - Quilo Volt Ampères-reactivos, é a unidade que representa a potência reactiva

IP – Índice de protecção

I_p/I_n – Razão entre a corrente de partida e a corrente nominal do motor

kA - Quilo Ampère

m – metro, unidade de medida do comprimento

M – Motores

Ω – Ohm, é a unidade de medida da resistência eléctrica

% - Percentagem

VSD - *Variable Frequency Inverter* (Inversor De Frequência Variável)

CTF - Centro de Tratamento de Fumos

EP – Estágio Profissional

Ud – Unidade

Qtd – Quantidade

XLPE – Polietileno reticulado

CCM – Centro de controle de Motores

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Instalações exteriores do PT 12	9
Figura 2: Exemplo de um disjuntor	10
Figura 3: Exemplo de TI (8)	11
Figura 4: Exemplo de TT (8).....	11
Figura 5 Exemplo de um Transformadores imersos em óleo mineral isolante e as suas partes constituintes (7)	13
Figura 6 Exemplo de medida do deslocamento angular (7).	15
Figura 7: Chapa de características do motor	18
Figura 8: Especificações técnicas do disjuntor dos motores	18
Figura 9: Chapa sinalética dos dois Transformadores.....	19
Figura 10: Ficha técnica do disjuntor do transformador	19
Figura 11: Especificações técnicas do arrancador Variador de frequência	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações técnicas do motor.....	18
Tabela 2: Especificações técnicas dos disjuntores dos motores	18
Tabela 3: Especificações técnicas dos transformadores	19
Tabela 4: Especificações técnicas do disjuntor do transformador	19
Tabela 5: Especificações técnicas dos cabos do tipo XLPE do PT 12 (fonte:autor).....	20
Tabela 6: Cargas de serviços auxiliares (fonte:autor).....	20
Tabela 7: Especificações técnicas do novo disjuntor.....	29
Tabela 8: Especificações técnicas e estimativa de custos (fonte: autor)	31

1. INTRODUÇÃO

A Mozal é caracterizada como uma instalação industrial do tipo complexo por se tratar de uma instalação de potência elevada, cerca de 950MW. Possui uma rede eléctrica interna de MT, que alimenta 23 instalações transformadoras. A subestação ou a estação de seccionamento que fornece a energia a rede eléctrica interna é alimentada pela MOTRACO (Mozambique Transmission Company) através de 3 linhas aéreas de transporte de energia eléctrica que conectam ao barramento principal de 132 kV. O barramento principal é usado para alimentar todas as cargas eléctricas e esta interligado a um barramento de reserva (transferência) através de seccionadores. O barramento de reserva é usado para situações de emergência, para efeitos de manutenção preventiva, correctiva e predictiva ou transferência de cargas eléctricas.

O barramento principal alimenta os três transformadores de potência trifásicos de 31,5 MW, 132/22KV, 50 Hz, que alimentam a rede eléctrica de distribuição em anel de 22kV, no qual estão interligadas todas as *Substations* (termo designado internamente para indicar um posto de transformação ou uma subestação) existentes na rede eléctrica interna.

A rede é constituída por 23 *Substations*, das quais, duas delas estão interligadas. Nesta interligação é onde derivam linhas de uma rede em anel para alimentar às 21 *Substations* que se encontram distribuídas internamente na fábrica. Esta rede eléctrica, compreende as seguintes partes do sistema:

Sistema eléctrico primário – constituído por uma subestação de relação 132/22kV alimentando uma rede de média tensão.

Rede eléctrica de Média Tensão – estabelecida a tensão 22kV, alimentando 21 postos de transformação e cargas directamente.

Rede eléctrica secundária – constituída por alimentadores, quadros de distribuição, derivações e cargas.

O posto de transformação em estudo, pertencente ao Centro de Tratamento de Fumos que se designa por Posto de Transformação 12 (internamente designado por *Substation 12*),

localizado na Planta do Carbono, que é alimentado por uma rede de eléctrica média tensão, que provém da *Substation 9*, que é um centro alimentador de grande potencia.

O PT 12 foi concebido para alimentar as cargas do Centro de Tratamento de Fumos (internamente designado por *Fume Treatment Center – FTC*) que se designa neste trabalho por CTF.

O CTF é responsável pelo tratamento dos gases e vapores resultantes do processo da solda. Este tratamento resulta na exaustão de fumos e gases da solda, isto é, capta os gases tóxicos directo na fonte onde são gerados; e cria uma pressão negativa dentro do forno (para succionar e direccionar o fumo), reduzindo a transferência de calor por convecção no ambiente de trabalho e evita a contaminação do meio ambiente. O CTF é constituído por motores, ventiladores, torres de arrefecimento e compressores.

O sistema de alimentação do PT 12 é constituído por uma Rede Secundária, denominada rede de baixa tensão, constituído por um conjunto canalizações e aparelhagem associada estabelecida entre os barramentos do posto de transformação ou quadros de entrada e as respectivas cargas de consumo. E a alimentação da rede é estabelecida a partir do barramento de baixa tensão do PT.

Tendo em vista as dificuldades que os operadores enfrentam para a realização das manutenções periódicas no PT 12, devido a insuficiência de potência na fonte de alimentação, faz se necessário este projecto, para analisar o aumento da potência firme para a alimentação das cargas eléctricas do CTF, para garantir a eficiência na realização das manutenções periódicas.

1.1. Formulação do problema

O Posto de Transformação 12, é um dos grandes centros de alimentação das cargas, localizado na Planta de Carbono da Mozal. Este Posto de Transformação 12, é um centro alimentador de um consumo de carga de elevada potência a 400 V, 50 Hz, cuja função é proteger e comandar máquinas industriais.

As cargas deste Posto de Transformação 12, alimentadas a partir de dois transformadores de potência trifásicos e são protegidas no Centro de Alimentação de cargas de Força Motriz.

No entanto, estes dois transformadores de potência trifásicos, suportam todas as cargas de força motriz do CTF, quando estes se encontram ligados em paralelo.

Nas eventuais operações periódicas de manutenção ou de emergência, em qualquer um dos transformadores de potência, levam à gestão de parte das cargas de força motriz do CTF, de modo a garantir uma redução de carga de força Motriz de consumo e a eficiência necessária para realização dessas operações.

1.2. Justificativa

A potência de energia eléctrica não é suficiente para se manter a fiabilidade da alimentação de energia eléctrica ao CTF, como no caso da realização de uma manutenção preventiva ou de uma intervenção de emergência.

Deste pressuposto podemos estabelecer diversas hipóteses, que nos permitam ultrapassar esta insuficiência de potência, tais como:

01 A aquisição, montagem e ligação de bancos independentes por transformador de condensadores fixos, ligados directamente aos terminais destes;

02 A aquisição, montagem e ligação de mais um transformador de potência trifásico (com a mesma capacidade de potência nominal dos dois já existentes, a 2000 kVA cada), para poder manter alimentação de energia eléctrica às cargas, no caso de manutenção ou de emergência em um dos transformadores instalados.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo geral

- Analisar o aumento da potência firme para a alimentação das cargas eléctricas do CTF.

1.3.2. Objectivos específicos

- Efectuar o levantamento da carga eléctrica de consumo de força motriz ligada, através deste Posto de Transformação 12;
- Analisar a carga eléctrica de consumo de força motriz ligada, através deste Posto de Transformação 12;
- Concluir qual a melhor forma de alimentar a carga de eléctrica ligada, através deste Posto de Transformação 12.

1.4. Metodologia

Para o alcance destes objectivos, propõe-se a pesquisa:

a) Quanto à abordagem

- **Pesquisa quantitativa:** consiste na análise e aquisição de dados de forma a apresentar resultados consistentes para o aumento da potência no Poste de Transformação do Centro de Tratamento de Fumos.

b) Quanto à natureza

- **Pesquisa aplicada:** consiste na aplicação prática do conhecimento para a solução do problema específico de insuficiência de potência no Posto de Transformação do Centro de Tratamento de Fumos.

c) Quanto aos objectivos

- **Pesquisa exploratória:** consiste na delimitação do tema pesquisa, na fixação dos objectivos e na formulação das hipóteses para o aumento de potência firme para a alimentação das cargas eléctricas do Centro de Tratamento de Fumos.

d) Quanto aos procedimentos

- **Pesquisa bibliográfica:** Análise e aquisição de toda a informação, quer seja em formato digital e/ou físico, por forma a adquirir uma fundamentação sobre os elementos pertencentes a um Posto de Transformação, sendo apresentado o seu princípio de funcionamento e a sua metodologia de dimensionamento;
- **Pesquisa de campo:** consiste na recolha da informação por meio de intercâmbio com profissionais da área, ideias e conhecimentos para a concepção do projecto.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O relatório é constituído por seis capítulos principais, sendo que cada um destes se divide em vários subcapítulos para melhor organização da informação.

No capítulo 1, é apresentado de forma clara a introdução do trabalho contendo a contextualização, os objetivos e procedimentos metodológicos.

No capítulo 2, são apresentados os fundamentos teóricos extraídos da literatura base e descrição do estado de arte actual.

No capítulo 3, é descrita carga eléctrica, através do levantamento da carga, avaliação da carga e da análise da carga.

No capítulo 4, são apresentadas as especificações técnicas dos materiais e a respectiva estimativa de custos.

No capítulo 5, são apresentadas de forma sucinta as conclusões deste trabalho e as perspectivas de trabalhos futuros.

No capítulo 6, são apresentadas todos documentos e livros os necessários para a construção deste trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Posto de transformação

Os postos de transformação e distribuição MT/BT têm como função transformar energia elétrica MT (30 kV, 15 kV ou 10 kV) em BT (400 – 230 V) e são instalações constituídas por vários dispositivos e equipamentos, onde todas as partes metálicas (fora de tensão) devem estar ligadas à terra de proteção. Apenas o neutro da BT deve estar ligado à terra de serviço.

Para uma melhor análise da rede interna da Mozal serão introduzidas algumas definições pertinentes relativas ao Posto de Transformação, integradas no Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (10), temos como referência as seguintes definições:

- **Posto de Transformação (PT)** - Instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente elétrica por um ou mais transformadores estáticos, quando a corrente secundária de todos os transformadores for utilizada diretamente nos recetores, podendo incluir condensadores para compensação do fator de potência.
- **Posto de Seccionamento (PS)** - Instalação de alta tensão destinada a operar o seccionamento de linhas elétricas.

O **Posto de Transformação e Seccionamento (PTS)** é uma instalação de alta tensão que assegura as funções de um PT e PS.

O Posto de Transformação 12 é uma instalação destinada à conversão da tensão de média para baixa tensão, por meio de dois transformadores estáticos. (Veja se no anexo 1, a peça desenhada A1-1, que demonstra o diagrama unifilar do PT 12).

2.1.1. Classificação

É possível classificar os postos de transformação quanto à cota de implantação, ao serviço prestado, à função, à instalação, ao tipo ou modo de alimentação, ou ao modo de exploração (9).

O **Posto de Transformação 12** pode ser classificado, de acordo com os seguintes aspectos:

a) Quanto à **cota de implantação**:

- É de superfície;

b) Quanto à **instalação**:

- É do tipo em monobloco – O equipamento é colocado no interior de celas, com invólucro metálico e com separações de rede metálica.

c) Quanto ao **tipo de alimentação**:

- É alimentado por Linha subterrânea – o PT recebe a linha elétrica via subterrânea, mantendo-se os cabos enterrados no solo, ou instalados em galerias, túneis ou caleiras.

e) Quanto ao **modo de alimentação**:

- Configuração em Anel – a alimentação pode ser garantida por duas entradas distintas, o que possibilita a alimentar o PT mesmo que uma das entradas se encontre fora de serviço.

2.1.2. Constituição

O **Posto de Transformação 12** é constituído por:

- Equipamentos ou aparelhagem de interrupção/seccionamento, protecção e medida.
- Dois Transformadores de potência trifásicos, que reduzem a tensão de MT para BT;
- Quadro geral de baixa tensão que inclui as protecções dos ramais que partem para as diversas cargas da rede baixa tensão;
- Terras de serviço e de protecção.



Figura 1: Instalações exteriores do PT 12

2.1.2.1. Aparelhagem de manobras e proteção

A Aparelhagem de manobras e proteção das instalações acima indicadas podem ser definidas a partir da legislação vigente e de acordo com o Regulamento no Artigo 1 (10).

- **Corta-fusível** - é um dispositivo destinado a interromper o circuito em que esta inserido, por fusão do elemento fusível, especialmente previsto para esse fim, quando a corrente que percorre ultrapassa um certo valor durante um tempo determinado.
- **Disjuntor** - é um aparelho de corte, comando e protecção, dotado de conveniente poder de corte para correntes de curto-circuito e cuja a actuação se pode produzir automaticamente em condições predeterminadas.



Figura 2: Exemplo de um disjuntor

2.1.2.2. Transformadores de medida

- **Transformadores de corrente**

Os transformadores de corrente (TI) são equipamentos capazes de reproduzir no seu enrolamento secundário, a corrente no enrolamento primário com o devido ajuste previamente definido. A principal função dos TI's é de auxiliar os aparelhos de contagem, medição ou protecção, dando-lhes a informação da corrente que está a ser produzida no enrolamento primário do transformador, ou seja, da corrente que está no sistema (7).



Figura 3: Exemplo de TI (8)

- **Transformadores de tensão**

Os transformadores de tensão (TT) são equipamentos cuja finalidade é exatamente igual à dos TI's, com a devida particularidade de conseguirem transformar uma tensão primária numa tensão secundária, passível de ser suportada por aparelhos de baixa tensão (7).



Figura 4: Exemplo de TT (8)

2.1.2.3. Transformadores de potência

O transformador de potência é um equipamento que, por meio da indução electromagnética, transfere energia de um circuito chamado primário para um circuito denominado, sendo mantida a mesma frequência, porém com tensões e correntes diferentes (7).

Os transformadores de potência instalados no PT 12, classificam-se em:

a) Quanto ao meio isolante são:

- Transformadores imersos em óleo mineral isolante;

O transformador imerso em óleo mineral é composto por três elementos:

- ◆ Tanque ou cuba;
- ◆ Núcleo e enrolamentos;

- ◆ Acessórios (terminais, ganchos, registros, chapa de características, comutador de regulação de tensão em vazio, proteções intrínsecas, rodízios e terminais de terra).

O seu funcionamento está fundamentado nos fenómenos de mútua indução magnética entre os dois circuitos (primário e secundário) electricamente isolados, porém magneticamente ligados. A equação fundamental de operação de um transformador é (7):

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2} \quad (1)$$

Onde:

I_1 - Corrente que circula no enrolamento primário do transformador

I_2 - Corrente que circula no enrolamento secundário do transformador

N_1 - Número de espiras do enrolamento primário do transformador

N_2 - Número de espiras enrolamento secundário do transformador

V_1 - Tensão aplicada nos terminais da bobina do primário do transformador

V_2 - Tensão de saída nos terminais da bobina secundário do transformador

b) Quanto ao número de fases são:

- Transformadores trifásicos;

c) Quanto às características eléctricas:

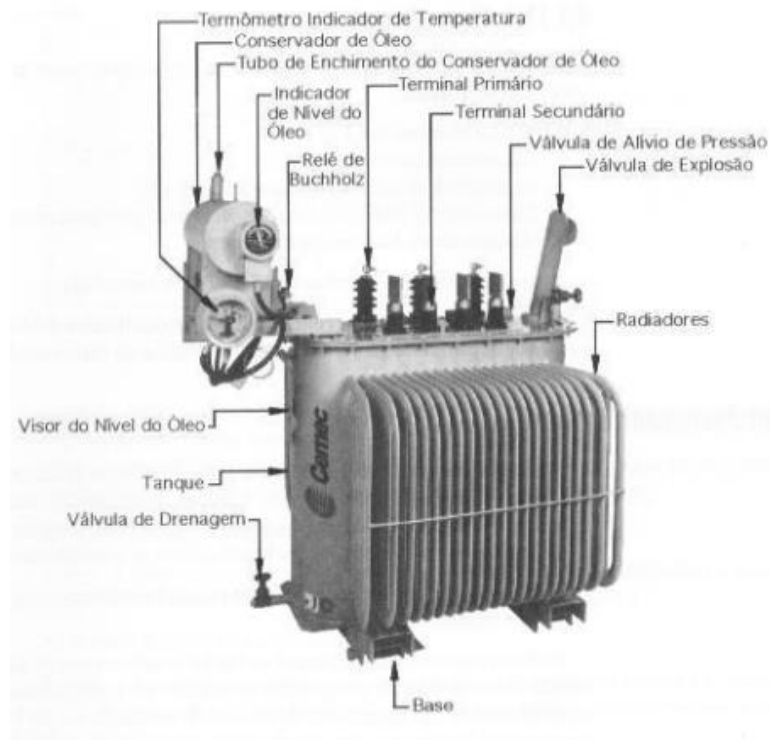


Figura 5 Exemplo de um Transformadores imersos em óleo mineral isolante e as suas partes constituintes (7)

a) Potencia nominal

É a característica que o transformador fornece continuamente a uma determinada carga, sob condições de tensão e frequência nominais, dentro dos limites de temperatura especificados por norma (7).

b) Tensão nominal

É o valor eficaz da tensão para o qual o transformador foi projectado segundo perdas e rendimentos especificados.

Os transformadores são dotados de derivações ou *tapes* utilizados para elevar a tensão de saída do secundário, devido a uma tensão de fornecimento abaixo do valor requerido (7).

c) Tensão nominal de curto-circuito

É medida curto circuitando-se os terminais secundários do transformador e alimentando-o no primário com uma tensão que faça circular nesse enrolamento a corrente nominal. O valor percentual desta tensão em relação a nominal é numericamente igual ao valor da impedância em percentagem (7).

d) Perdas eléctricas

Os transformadores apresentam perdas eléctricas pequenas quando comparadas com as suas potências nominais. As perdas dos transformadores referem-se as perdas no núcleo e as perdas no enrolamento (7).

e) Regulação

Representa a variação da tensão no secundário do transformador, desde o seu funcionamento a vazio até a operação a plena carga, considerando a tensão primária constante (7).

f) Rendimento

É a relação entre a potência eléctrica fornecida pelo secundário do transformador e a potência eléctrica absorvida pelo primário (7).

g) Deslocamento angular

É a diferença entre os fasores que representam as tensões entre o ponto neutro (real ou ideal) e os terminais correspondentes de dois enrolamentos, quando um sistema de sequência positiva de tensão é aplicado aos terminais da tensão mais elevada, na ordem numérica desses terminais. Admite-se que os fasores giram no sentido anti-horário. Os terminais primários e secundários são indicados respectivamente, pelas referências: H1-H2-H3 e X0-X1-X2-X3 (7).

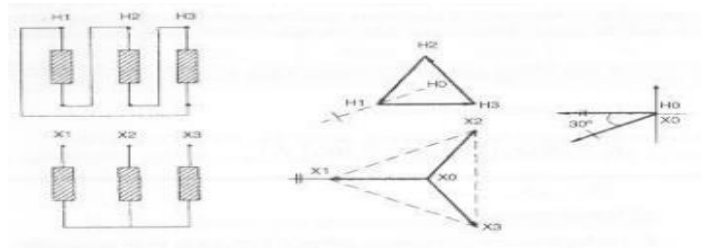


Figura 6 Exemplo de medida do deslocamento angular (7).

i) Grupo de ligação

As ligações, entre enrolamentos, dos transformadores é Dyn11 em que a letra maiúscula representa o maior nível de tensão, a letra minúscula o menor nível de tensão.

j) Líquido isolante

O líquido isolante nos transformadores tem a função de transferir o calor gerado pelas partes internas do equipamento para as paredes do tanque e dos radiadores, que são resfriadas naturalmente ou por ventilação forçada, fazendo com que o óleo volte novamente ao interior retirando calor e passando ao exterior, num ciclo contínuo, segundo o fenômeno de convecção (7).

O óleo mineral para o transformador deve apresentar uma alta rigidez dielétrica, excelente fluidez e manter as suas características naturais inalteradas perante temperaturas elevadas (7). A refrigeração nos transformadores pertencentes ao PT 12 é ONAN.

k) Tanque ou cuba

Os tanques dos transformadores variam de formato desde a aparência ovular até a forma rectangular. Os transformadores de potência igual ou superior a 500kVA, em geral, são providos de tanque de expansão de óleo montado na parte superior da carcaça (7).

l) Limites de temperatura de operação

Os transformadores devem operar dentro de suas características nominais, desde que a temperatura do meio ambiente não exceda aos limites definidos em norma. Colocar as temperaturas (7).

m) Acessórios

- Relé de Bulchhoz: conhecido como relé de gás, tem a finalidade de sinalizar no painel de controle e/ou acionar o equipamento quando há presença de gás no interior do transformador, devido à perda de isolamento, espira-espira, espira-núcleo ou espira-cuba.
- Termômetro de contactos: indica a temperatura da camada superior do óleo de refrigeração.
- Sílica Gel: detecta se há humidade no interior do óleo do transformador através da abertura da passagem do ar que se dá sobre a superfície do líquido de refrigeração do transformador.

2.1.2.4. Quadro geral de distribuição de baixa tensão

O quadro geral de distribuição do PT 12 é designado como Centro de Controle de motores (CCM), onde são instalados componentes de comandos de motores. Este quadro é de instalação interior e possui um grau de protecção IP 54. (Veja se no anexo 1, a peça desenhada A1-3, que demonstra o CCM nas instalações interiores do PT 12)

O quadro dos serviços auxiliares contém componentes de comandos de iluminação, tomadas, ar condicionados e ventiladores. (Veja se no anexo 1, a peça desenhada A1-4)

2.1.2.5. Encravamentos

O PT 12 é dotado de encravamentos mecânicos e elétricos, com o objetivo de evitar a realização de falsas manobras e o acesso das pessoas a partes da instalação normalmente em tensão (11). A falsa manobra a evitar é a manobra dos disjuntores em serviço, e as portas dos disjuntores, devem estar encravadas por chave própria.

2.1.2.6. Terras

- **Terra de proteção**

A terra de proteção destina-se a ligar à terra todos os elementos condutores metálicos da instalação que não pertencem aos circuitos de condução de corrente, mas que ocasionalmente possam entrar em contacto com estes.

O valor da resistência de terra de proteção deverá ser de acordo com o regulamentado e em qualquer caso, inferior, a 20 Ω .

- **Terra de serviço**

A terra de serviço destina-se à ligação do neutro dos transformadores à terra.

Os elétrodos localizam-se em terreno que ofereça condições aceitáveis à sua implantação e seja suficientemente afastado da terra de proteção para garantir a não interferência entre terras, regulamentado maior ou igual a 20 m.

O valor da resistência de terra de serviço não deverá ser superior ao regulamentado 10 Ω .

2.1.2.7. Iluminação, tomadas e acessórios regulamentares

O PT 12 é dotado de:

- Iluminação interior de serviço, com recurso a armaduras salientes estanques;
- Iluminação de emergência, com recurso a blocos autónomos permanentes;
- Tomadas de uso geral monofásicas, do tipo *schuko*, 10/16 A;
- Placas de sinalização e de segurança, de acordo com as Normas NP-608 e 609;
- Caixa de primeiros socorros e quadro encaixilhado com a indicação dos primeiros socorros;
- Lanterna portátil recarregável;
- Placas com a designação "PERIGO DE MORTE";
- Coleção de desenhos da instalação e manual de instrução de todos os equipamentos em exploração;
- Registos do historial de reparações do equipamento.

3. CARGA ELÉCTRICA

3.1. Levantamento da carga eléctrica ligada, através do PT 12

a) Motor Assíncrono:

Tabela 1: Especificações técnicas do motor

Potência nominal (P_M)	355 kW
Corrente nominal (I_M)	648 A
Tensão nominal	380 V
Frequência	50 Hz
Número de fases	3
Fator de potência	0,89
Rendimento (η)	96%
I_p/I_n	7,6
Velocidade de rotação (n)	1490 rpm
Número de polos	4
Número de motores (n_M)	6
Tipo de arranque	Arranque com inversor de frequência



Figura 7: Chapa de características do motor

b) Disjuntor do motor

Tabela 2: Especificações técnicas dos disjuntores dos motores

Corrente nominal	1200 A
Corrente simétrica de curto-circuito	65kA
Tensão nominal	1000V



Figura 8: Especificações técnicas do disjuntor dos motores

c) Transformadores

Tabela 3: Especificações técnicas dos transformadores

	T1	T2
Potência nominal	2000kVA	2000kVA
Tensão primária e secundária	3,3/0,4kV	3,3/0,4kV
Tensão nominal em curto-circuito	4,69%	5,89%
Corrente nominal	2782 A	2782 A
Factor de potência	0,8	0,8

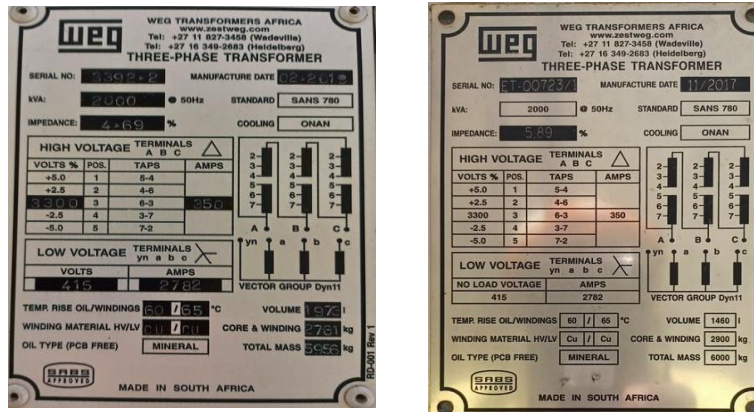


Figura 9: Chapa sinalética dos dois Transformadores.

d) Disjuntores dos transformadores

Tabela 4: Especificações técnicas do disjuntor do transformador

Corrente nominal	3200 A
Corrente simétrica de curto-circuito	66kA (à 500V)
Tensão nominal	1000V
Frequência	50/60Hz



Figura 10: Ficha técnica do disjuntor do transformador

e) Canalização subterrânea (baixa tensão)

Tabela 5: Especificações técnicas dos cabos do tipo XLPE do PT 12 (fonte:autor)

Tensão máxima admissível	1000V
Corrente admissível nos cabos	640 A
Secção do cabo	240mm ²
Diâmetro dos condutores	16,67mm
Número de condutores	8
Temperatura máxima de operação do condutor	90 °C

f) Cargas de serviços auxiliares

No interior da instalação as cargas de serviços auxiliares de funcionamento da instalação são as que constam na lista abaixo:

Tabela 6: Cargas de serviços auxiliares (fonte:autor)

Item	Tipo de carga	Quantidade	Potência Instalada (kW)
1	Iluminação (lâmpadas fluorescentes)	5	0,18
2	Tomadas	2	7,04
3	Ar condicionados	3	10,56
4	Ventiladores	2	1,54

g) O Arrancador Variador de frequência ligado ao motor



Figura 11: Especificações técnicas do arrancador Variador de frequência

3.2. Análise da carga de consumo de força motriz ligada através do PT 12

A análise das cargas é o estudo que tem por finalidade principal, dimensionar os cabos e a aparelhagem de energia da carga, assim como dos restantes equipamentos principais.

3.2.1. Avaliação da carga

a) Motores assíncronos trifásicos

Esta instalação é constituída por 6 motores de idênticas características técnicas (veja se no anexo 2, tabela A2-3).

No que respeita a potência nominal dos motores, temos:

$$P_M = 355kW \quad (2)$$
$$n_M = 6 \rightarrow P_M = 6 \times 355kW = 2130kW$$

Onde:

P_M : é a potência activa dos motores [kW]

n_M : é o número de motores

Assim sendo, a potência absorvida pelos motores é dada por:

$$P_{abs} = \frac{P_M}{\eta} = \frac{2130 kW}{0,96} = 2218,75 kW \quad (3)$$

Onde:

P_{abs} : é a potência que os motores absorvem da fonte de alimentação [kW]

η : é o rendimento dos motores [%]

A potência aparente dos motores é dada por:

$$S_M = \frac{P_{abs}}{\cos \varphi} = \frac{2218,75 kW}{0,89} = 2492,98 kVA \quad (4)$$

Onde:

S_M : é a potência aparente dos motores [kVA]

$\cos \varphi$: é o factor de potência dos motores

A potência reactiva é dada por:

$$Q_M = P_{abs} \times \tan \varphi = 2218,75 \text{ kW} \times 0,51 = 1131,56 \text{ kVAr} \quad (5)$$

Onde:

Q_M : é a potência reactiva dos motores [kVAr]

$\tan \varphi$: é a tangente do ângulo do factor de potência dos motores

Aplicando o factor de utilização na potência e na potência aparente dos motores $F_u = 0,75$ temos:

$$\begin{aligned} P_u &= 1664,06 \text{ kW} \\ S_u &= 1869,73 \text{ kVA} \end{aligned} \quad (6)$$

Onde:

F_u : Factor de utilização

P_u : é a potência activa dos motores com o factor de utilização aplicado [kW]

S_u : é a potência aparente dos motores com o factor de utilização aplicado [kVA]

Aplicando o factor de simultaneidade na potência absorvida e na potência aparente dos motores $F_s = 0,9$ temos:

$$\begin{aligned} P_s &= 1996,86 \text{ kW} \\ S_s &= 2243,68 \text{ kVA} \end{aligned} \quad (7)$$

Onde:

F_s : Factor de simultaneidade

P_s : é a potência activa dos motores com o factor de simultaneidade aplicado [kW]

S_s : é a potência aparente dos motores com o factor de simultaneidade aplicado [kVA]

A corrente nominal dos motores, operando em serviço é dada por:

$$\begin{aligned} I_M &= 648A \\ n_M = 6 \rightarrow I_M &= 6 \times 648A = 3888A \end{aligned} \quad (8)$$

Onde:

I_M : corrente nominal dos motores [A]

n_M : é o número de motores

A corrente de serviço máxima no caso crítico, isto é, em que se tem 5 motores de indução já “lançados” e mais um em arranque, é dada por:

$$I_{sm\acute{a}x} = (5 \times I_M) + I_a = (5 \times I_M) + (1,1 \times I_M) = 5 \times 648 + 1,1 \times 648A \quad (9)$$
$$I_{sm\acute{a}x} = 3240A + 712,8A = 3952,8A$$

Onde:

$I_{sm\acute{a}x}$: corrente de serviço máxima [A]

I_a : corrente de arranque dos motores [A]

Esta é a corrente de serviço máxima que se pode prever para a força motriz.

3.2.2. Avaliação da Fonte

a) Transformadores de Potência Trifásicos

Tendo em vista que os transformadores possuem características eléctricas idênticas, a potência aparente nominal dos dois (2) transformadores é de:

$$S_T = 2000kVA \quad (10)$$

Atendendo ao $\cos \varphi = 0,8$ a potência nominal útil fornecida pelo transformador é de:

$$P_T = 1600kW \quad (11)$$

Atendendo ao $\sin \varphi = 0,6$ a potência reactiva fornecida pelo transformador é de:

$$Q_T = 1200kVAr \quad (12)$$

A corrente de serviço de cada transformador é dada por:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} \times U} = \frac{2000kVA}{\sqrt{3} \times 0,4kV} = 2886,75A \quad (13)$$

Onde:

I_T : corrente nominal dos transformadores [A]

S_T : potência aparente dos transformadores [kVA]

U : tensão nominal dos transformadores [kV]

Em regime de sobrecarga máxima admissível, os transformadores operam com uma potência aparente de:

$$S_{sc} = S_T + 20\% \times S_T = 2000kVA + 400kVA = 2400kVA \quad (14)$$

Onde:

S_{sc} : potência aparente dos transformadores em regime de sobrecarga admissível [kVA]

S_T : potência aparente dos transformadores [kVA]

Em regime de sobrecarga máxima admissível, os transformadores operam com uma potência activa de:

$$P_{sc} = P_T + 20\% \times P_T = 1600kW + 320kW = 1920kW \quad (15)$$

Onde:

P_{sc} : potência activa dos transformadores em regime de sobrecarga admissível [kW]

P_T : potência activa dos transformadores [kW]

A corrente nominal que cada transformador pode fornecer à carga em regime de sobrecarga máxima admissível é dada por:

$$I_{sc} = \frac{S_{sc}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{2400kVA}{\sqrt{3} \times 0,4kV} = 3464,1A \quad (16)$$

Onde:

I_{sc} : corrente dos transformadores em regime de sobrecarga admissível [A]

S_{sc} : potência aparente dos transformadores em regime de sobrecarga admissível [kVA]

U : tensão nominal dos transformadores [kV]

A corrente de curto-circuito para o transformador com menor tensão de curto circuito, é dada por:

$$I_{cc} = \frac{S_T}{u_{cc}} \times 100\% = \frac{2000kVA}{4,69} \times 100\% = 42,64kA \quad (17)$$

Onde:

I_{cc} : corrente de curto-circuito dos transformadores [A]

S_T : potência aparente dos transformadores [kVA]

u_{cc} : tensão de curto-circuito dos transformadores [%]

Comparando os valores da potência activa da fonte de alimentação e da carga de consumo, verifica se que esta alimentação não é suficiente para cobrir a potência da carga de força motriz solicitada, isto é:

$$P_T < P_M \quad (18)$$
$$1600 kW < 2130 kW$$

Com os dados obtidos, pode se agora avaliar as hipóteses explanadas neste trabalho para funcionamento da instalação eléctrica.

3.3. Avaliação das hipóteses

I. Primeira Hipótese: Compensação do factor de potência no secundário dos transformadores de potência

Um transformador reage de forma análoga as flutuações de carga. A potência reactiva absorvida por um transformador de fabrico corrente, a plena carga ronda a 8 a 12% da potência nominal do transformador; na situação de vazio, a potência reactiva absorvida não desce, em geral, abaixo do 4 a 6 % da potência nominal (4).

Assumindo um valor de $\cos \varphi = 0,91$ que permite a optimização simultânea da secção dos cabos e do factor de potência, pode ser realizada a correcção com base na seguinte equação da potência reactiva necessária para a compensação:

$$Q_c = P_T \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 1600kW \times (\tan 36,87 - \tan 24,49) = 464 kVAr \quad (19)$$

Onde:

Q_c : potência reactiva necessária para a compensação [kVAr]

P_T : potência activa dos transformadores [kVA]

$\tan \varphi_1$ - ângulo do factor de potência actual do transformador

$\tan \varphi_2$ - ângulo do factor de potência proposto do transformador

A compensação do FP no secundário dos transformadores de potência é possível com o valor máximo de compensação que varia de 37,8 kVAr em vazio à 176 kVAr a plena carga para um transformador de potência trifásico de 2000 kVA, 3,3/0,4 kV, 50 Hz (4).

E que pela avaliação de $\cos \varphi = 0,91$ mínimo teríamos um valor para a potência da bateria de condensadores fixa de 464 kVAr, o que torna impraticável face aos valores de potência reactiva do caso critico (veja se no anexo 2, tabela A2-2). Isto é:

$$37,8 kVAr < Q_c < 176 kVAr \quad (20)$$

Assim, a bateria a ser seleccionada deverá ter uma potência nominal não superior a 10% da potência nominal do transformador (4). Ou seja:

$$Q_c \leq 10\% \text{ sobre } 1600kW \quad (21)$$

$$Q_c \leq 160kVAr$$

Esta limitação é indispensável para evitar fenómenos de ressonância e perdas de energia elevadas no núcleo do transformador quando trabalha em vazio (1).

Entretanto, a capacidade do capacitor a instalar é de:

$$(22)$$

$$C = \frac{Q_c \times 10^3}{2\pi f \times U^2} = \frac{160 \times 10^3}{2 \times \pi \times 50 \times (0,4)^2} = 3183,1\mu F$$

Onde:

C : capacitância [μF]

Q_c : potência reactiva do capacitor [kVAr]

U : tensão nominal do lado da baixa tensão do transformador [kV]

f : frequência [Hz]

Com a compensação do $\cos \varphi = 0,8$ para $\cos \varphi = 0,91$ ao valor de potência de sobrecarga admissível de 2400 kVA, o valor de potência activa correspondente é de:

$$P_{SCC} = 2184 \text{ kW} \quad (23)$$

Onde:

P_{SCC} : potência activa compensada em sobrecarga admissível [kW]

Este valor garante uma potência firme sobre o valor de carga de força motriz da potência de consumo, que foi a preocupação prioritária do trabalho. Dada a reserva de potência existente, poderão ser ligadas as cargas dos serviços auxiliares que representam uma potência total instalada de 19,32 kW.

(Veja se no anexo 1, a peça desenhada A1-2, que demonstra a ligação das baterias fixas de condensadores nos terminais do secundário do transformador).

II. Segunda hipótese: Aquisição e montagem de um transformador de potência trifásico de 2000kVA

Esta segunda hipótese não se verifica necessária por questões económicas, a possibilidade dada pelo fabricante (de acordo com as normas de fabrico) de uma sobrecarga de 20% na potência nominal dos transformadores permite resolver a questão sem recorrer a transformadores de maior potência nominal.

O custo da aquisição e montagem do transformador de potência trifásico de 2000kVA, é de cerca de 1.795.758,6 Mzn.

Nota: Este valor de estimativa de custo apresentado em moeda nacional considera se líquido, livre imposto, de encargo financeiro, taxas, imposto aduaneiros, etc.

III. Terceira hipótese: Compensação do factor de potência nas cargas de força motriz

Esta hipótese não se considera válida neste trabalho, mas contribui para uma análise mais profunda das necessidades da instalação.

A potência máxima reactiva que pode ser instalada em um motor de indução sem risco de auto-excitação, (veja se no anexo 2, tabela A2-1), é garantida pela seguinte equação (4):

$$Q_c \leq 0,9I_0U_n\sqrt{3} \quad (24)$$

Onde:

Q_c : potência reactiva necessária para a compensação [kVAr]

I_0 – Corrente do motor em vazio do motor [A]

U_n – Tensão nominal do motor [V]

O valor é de 76 kVAr. Aplicando este valor na equação geral da potência aparente, obtém-se:

$$S_{Mc} = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{(355)^2 + (76)^2} = 363,04kVA \quad (25)$$

Do facto, da aplicação de baterias fixas e independentes de condensadores aos motores permite reduzir a potência aparente destes e a ligação das seis unidades de força motriz de:

$$S_{Mc} = 6 \times 363,04 kVA = 2178,24kVA \quad (26)$$

Onde:

S_{Mc} : potência aparente compensada dos motores [kVA]

P_M : potência activa dos motores [kW]

Q_M : potência reactiva dos motores [kVAr]

Este valor não ultrapassa o valor da potência aparente em sobrecarga admissível de 20% do transformador, deixando uma potência de reserva de aproximadamente:

$$S_{Reserva} = \frac{S_{Mc}}{S_{sc}} = \frac{2178,24 \text{ kVA}}{2400 \text{ kVA}} = 0,9076 \text{ kVA} \quad (27)$$

Onde:

$S_{Reserva}$: potência aparente de reserva [kVA]

S_{sc} : potência aparente em sobrecarga admissível dos transformadores [kVA]

S_{Mc} : potência aparente compensada dos motores [kVA]

Desta forma este conseguirá alimentar adequadamente, sem sobreaquecimento.

Esta aplicação permite efectuar uma compensação económica e eficaz ligando os condensadores fixos em triângulo aos terminais dos motores (5).

Para a montagem das baterias de condensadores nos motores, deverá ser contactado o fabricante aferir de possíveis necessidades em relação aos variadores de frequência.

3.3.1. Seleção das protecções

a) Disjuntores dos transformadores

Dado os novos valores de corrente eléctrica haverá necessidade de substituir a potência dos disjuntores do lado secundário dos transformadores de 3200 A por outros semelhantes, mas de 4000 A.

Tabela 7: Especificações técnicas do novo disjuntor

Corrente nominal	4000 A
Corrente simétrica de curto-circuito	66kA (à 500V)
Tensão nominal	1000V
Frequência	50/60Hz

h) Fusíveis para as baterias de condensadores

Os fusíveis deverão estar entre 1,8 à 2,0 vezes da corrente nominal do condensador. A corrente nominal do condensador é dada por:

$$I_c = \frac{Q_c}{U \times \sqrt{3}} = \frac{160 \times 10^3 \text{ VAr}}{400V \times \sqrt{3}} = 230,94 \text{ A} \quad (28)$$

Onde:

I_c : corrente nominal do condensador [A]

Q_c : potência reactiva do capacitor [kVAr]

U : tensão nominal de baixa tensão do transformador [kV]

4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS

Tabela 8: Especificações técnicas e estimativa de custos (fonte: autor)

Relação do Material					
Item	Especificações	Ud	Qtd	Custo	
				Unitário (MZN)	Total (MZN)
1	Disjuntores Tripolares de 4000A, 400V, 50HZ, semelhante ao tipo Emax E6 da ABB-Itália ou equivalente (1).	um	2	24.2473,70	48.4947,4
2	Baterias de condensadores Trifásica com terminais de ligação acessíveis para montagem no exterior em caixa metálica IP54 de 120 (2x60) kVAr, para ligação directa aos terminais do transformador a 440 V, 50 Hz, incluindo resistências de descarga interna (semelhante ao tipo 4C120G do electro mechanical/ Africa do Sul ou equivalente) (6).	um	2	50.000,00	100.000,00
3	Conjunto de bases fusíveis equipadas com fusíveis de alto poder de corte de Tamanho 00 – 160 A (semelhante ao tipo 16204 da ABB/Itália ou equivalente) (1).	um	2	3.682,70	7.365,4
4	Cabo monopolar do tipo XLPE de ligação (semelhante ao tipo E6 da ABB/Itália ou equivalente) (1).	m	30	244,36	7.258,13
5	Cabo de cobre nu entrançado de 35mm ² , com terminais de ligação mecânica nos extremos (1).	m	10	526,05	5.260,97
6	Terminais prensados (1).	un	16	72,67	1.162,70
7	Custo Subtotal:				605.994,6
8	Custo de mão-de-obra (20% do custo subtotal)				121.198,9206
9	Custo Total (somatório da mão de obra e Subtotal)				727.193,5206

Nota: Os valores da estimativa dos custos apresentados em moeda nacional, consideram se líquidos, livres dos impostos, de encargos financeiros, das taxas, impostos aduaneiros, etc.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

De entre as duas hipóteses recomenda-se como a mais viável a primeira hipótese, que permite aliviar a carga do transformador e garantir uma alimentação firme aos motores de força motriz.

A terceira hipótese reflete-se no caso de uma maior necessidade de “encaixe” de carga de força motriz. Esta hipótese é deixada como referência para trabalhos futuros.

Apesar de se ter incluído as cargas dos serviços auxiliares, no quadro geral de distribuição de força motriz, recomenda-se fortemente a sua ligação a outra origem de alimentação para evitar possíveis interrupções por avaria ou manutenções deste quadro.

Por forma a permitir a leitura directa dos valores de tensão e corrente no barramento, no quadro de distribuição da instalação, recomenda-se a colocação da aparelhagem de medida, TI e TT.

Recomenda-se também a aquisição de livros de registos para as leituras de terras.

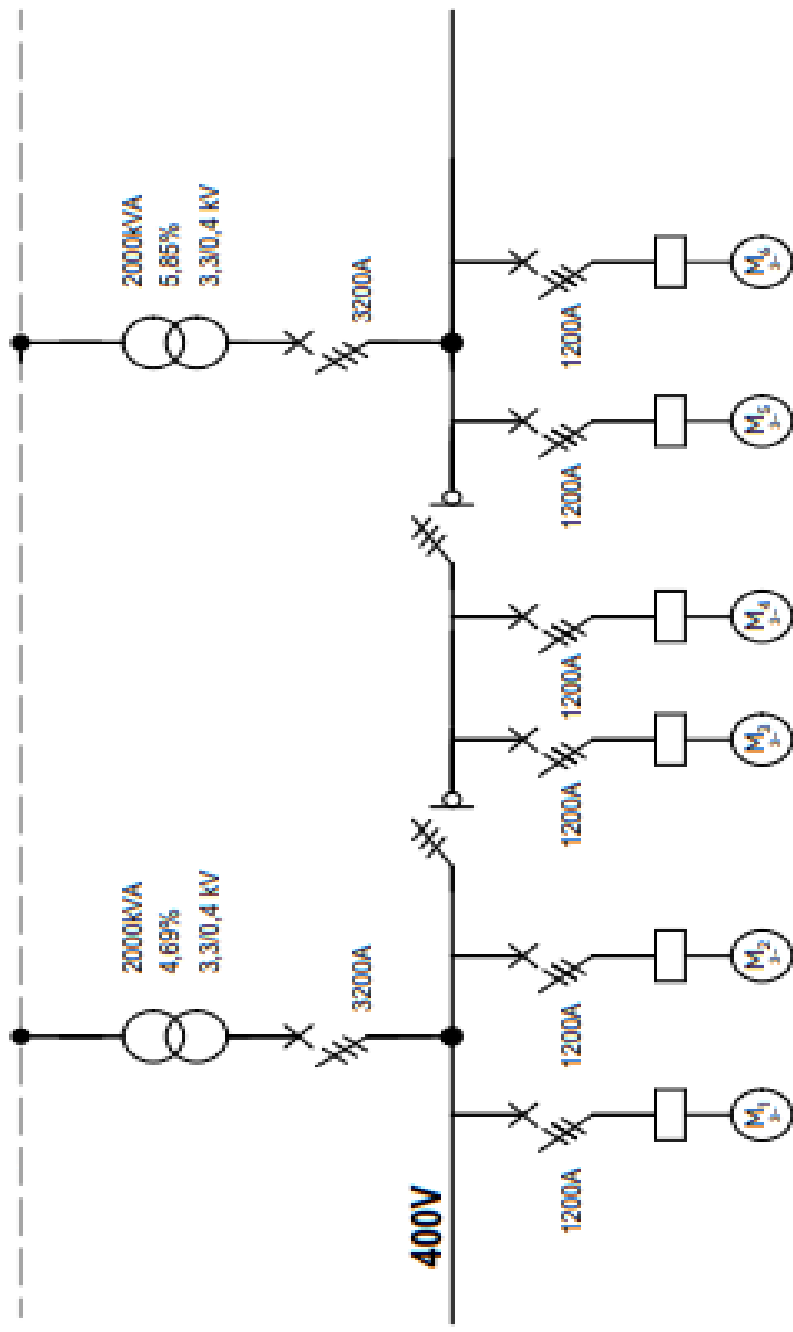
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

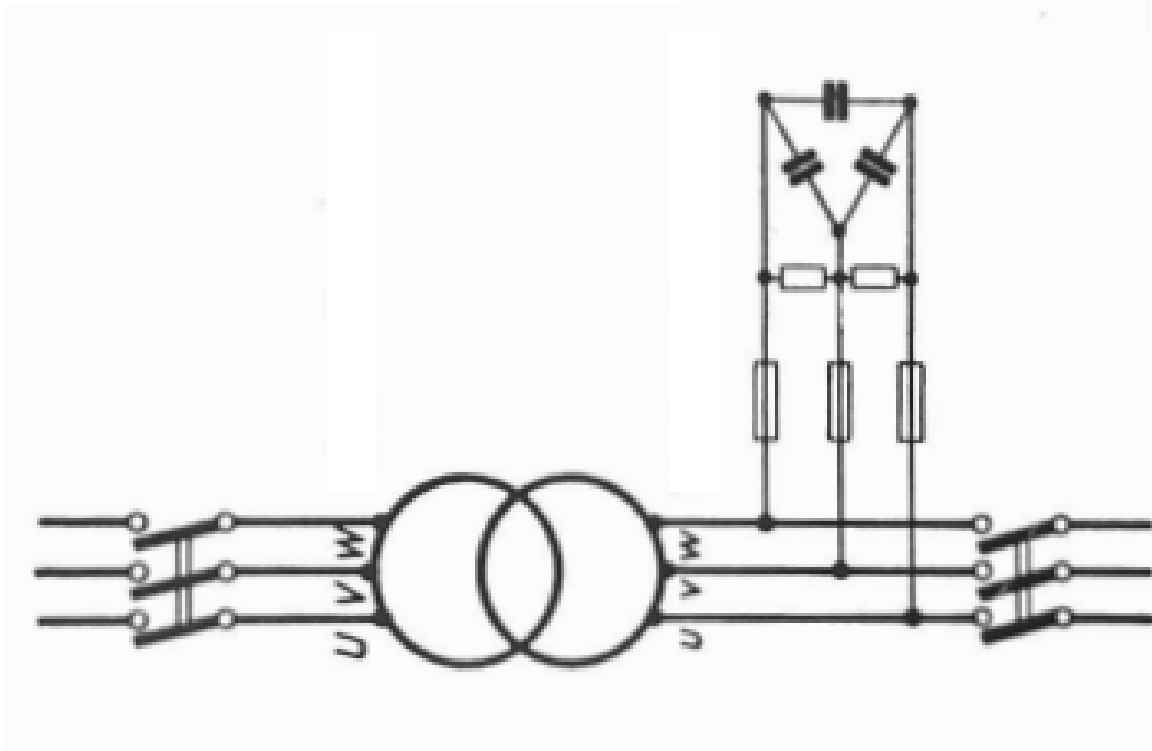
1. ABB, 2007 - *Protection and Control Devices*, vol. 1
2. Bolotinha, M. 2018 - *Distribuição de Energia Elétrica em Média e Baixa Tensão*, Quântica Editora Lda.
3. Bosch - *Power Factor Correcting Capacitors and Equipments for Compensations of Wattless Power*, p. 43.
4. Claude, R. 1991 - *Guide de l'Installation Electrique*, 4th ed., France Impressions Conseils.
5. Cordeiro, R. 1981- *Compensação do factor de potência*, Lisboa.
6. *Electro mecânica, 2000 -Electrical Industry*
7. Filho, João Mamede. *Instalações elétricas industriais*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017
8. Gomes, A. A., & Carvalho, J. A. 2018 - *Instalações Elétricas de Média Tensão, Postos de Transformação e Seccionamento*, Publindústria Edições Técnicas.
9. *Legrand 2001 a 2002 - Aparelhagem Eléctrica de Instalações, França*.
10. Regulamento de Subestações e Postos de Seccionamento e de Transformação (RSPST) (Dec.-Lei nº 42895, de 31.3.1960 e Dec. Reg. nº 14/77 e nº 56/85 e Portaria nº37/70);
11. Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (RSIUEE) e Regulamento de Segurança das Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas (RSICEE), ambos publicados no Dec.-Lei 740/74 e Dec.-Lei 303/76.
12. RTIEBT (Regras Técnicas de Instalações Eléctricas em Baixa Tensão) – Portaria n.º 949-A/2006 de 11 de setembro

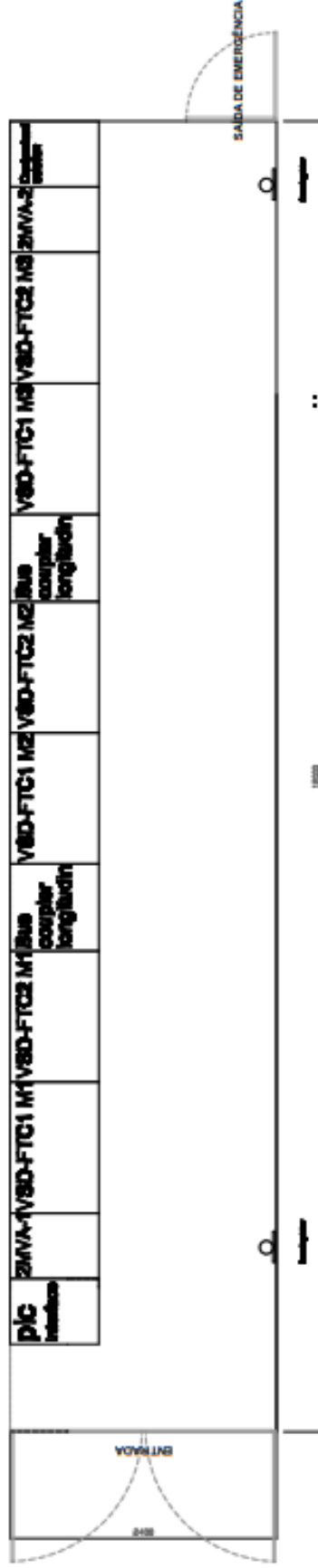
ANEXOS

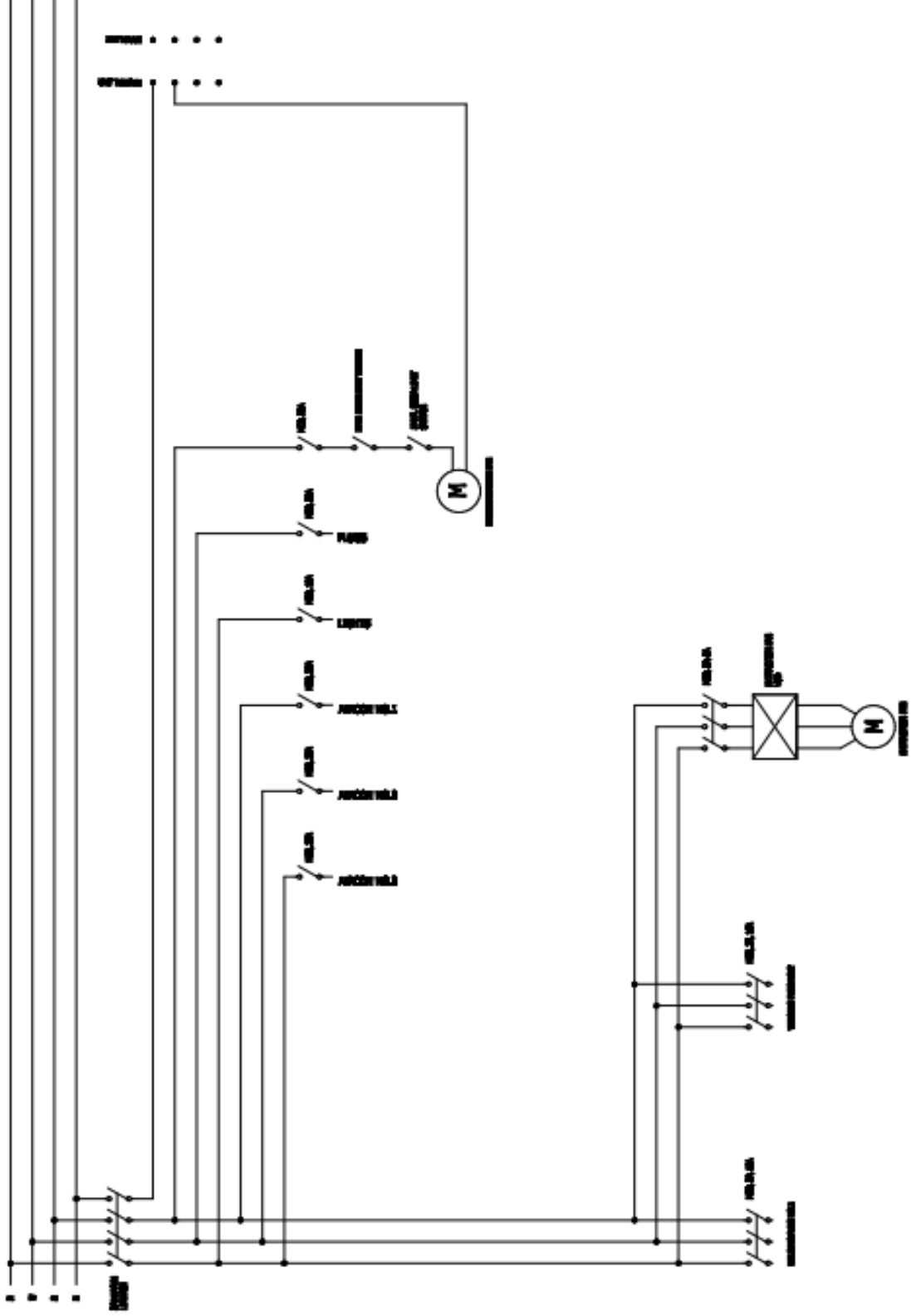
ANEXO 1

PEÇAS DESENHADAS









ANEXO 2

TABELAS

Tabela A2-1: Potência reactiva para os transformadores de distribuição (4)

Potência aparente instalada (kVA)	Potência reactiva a compensar	
	À vazio (kVAr)	À plena carga (kVAr)
100	2,5	6,1
160	3,7	9,6
250	5,3	14,7
315	6,3	18,4
400	7,6	22,9
500	9,5	28,7
630	11,3	35,7
800	20	54,5
1000	23,9	72,4
1250	27,4	94,5
1600	31,9	126,2
2000	37,8	176

Tabela A2-2: Potência máxima reactiva que pode ser instalada em um motor de indução sem risco de auto-excitação (4).

Motor trifásico: 230/400 V					
Potência nominal		Potência reactiva a instalar (kVAr)			
		Velocidade de rotação RPM			
Kw	CV	3000	1500	1000	750
22	30	6	8	9	10
30	40	7,5	10	11	12,5
37	50	9	11	12,5	16
45	60	11	13	14	17
55	75	13	17	18	21
75	100	17	22	25	28
90	125	20	25	27	30
110	150	24	29	33	37
132	180	31	36	38	43
160	218	35	41	44	52
200	274	43	47	53	61
250	340	52	57	63	71
280	380	57	63	70	79
355	482	67	76	86	98
400	544	78	82	97	106
450	610	87	93	107	117

Tabela A2-3: Especificações técnicas dos motores assíncronos instalados

Nº	Tipo de carga	Potência Instalada (kW)	Fator de Utilização	Potência de Utilização (kW)	Fator de simultaneidade	Potência de Utilização(kW)
1	Motor 1	369.79	0,75	277,34	0.9	1664,04
2	Motor 2	369.79	0,75	277,34	0.9	1664,04
3	Motor 3	369.79	0,75	277,34	0.9	1664,04
4	Motor 4	369.79	0,75	277,34	0.9	1664,04
5	Motor 5	369.79	0,75	277,34	0.9	1664,04
6	Motor 6	369.79	0,75	277,34	0.9	1664,04

ANEXO 3

RELATÓRIO DE PROGRESSO

ANEXO 7.

RELATÓRIO DE PROGRESSO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Relatório de Progresso

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL06	Data:	07/03/2022
---------------------	--------------	-------	------------

1. ACTIVIDADES PLANIFICADAS

ACTIVIDADE	PRAZO PREVISTO
1. Correção e análise do tema do TAT	1 Semana
2. Correção dos objectivos e da metodologia do TAT	1 Semana
3. Análise da revisão bibliográfica do Projecto	3 Semanas
4. Análise descritiva e justificativa do Projecto	3 Semanas
5. Conclusões, Recomendações, Referências Bibliográficas do Projecto	1 Semanas
6. Anexos	1 Semana

2. CONTROLE DE EXECUÇÃO

ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	20/04/2022	100		
2	27/04/2022	100		
3	20/05/2022	100		
4	10/06/2022	100		
5	22/06/2022	100		

3. INDICAÇÃO TENTATIVA DA CONCLUSÃO DO EP (ao 4º encontro)	
--	--

ANEXO 4

ACTA DE ENCONTROS

ANEXO 6.

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL06	Data:	20/04/2022
---------------------	--------------	-------	------------

1. AGENDA:

Correção e análise do tema do TAT

2. PRESENÇAS

Supervisor	Eng Anacleto Albino
Co-Supervisor	
Estudante	Karen Nhanombe
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 20/04/2022, às 10h realizou se o encontro com o Supervisor para a análise do tema do TAT.
E neste encontro, o estudante explanou o problema que pretende investigar.

4. RECOMENDAÇÕES:

5. OBSERVAÇÕES

--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

25/04/2022

ANEXO 6.

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL06	Data:	27/04/2022
---------------------	--------------	-------	------------

1. AGENDA:

Correção dos objectivos e da metodologia do TAT

2. PRESENÇAS

Supervisor	Eng Anacleto Albino
Co-Supervisor	
Estudante	Karen Nhanombe
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 27/04/2022, às 13h e 30min realizou se o encontro com o Supervisor para a correção dos
objectivos e da metodologia do TAT.
E neste encontro, o supervisor além de corrigir o TAT, também envio alguns livros para melhorar o
TAT e o trabalho.

4. RECOMENDAÇÕES:

5. OBSERVAÇÕES

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	18/05/2022

ANEXO 6.

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL06	Data:	20/05/2022
---------------------	--------------	-------	------------

5. AGENDA:

Análise do resumo bibliográfico do Projecto

6. PRESENÇAS

Supervisor	Eng Anacleto Albino
Co-Supervisor	
Estudante	Karen Nhanombe
Outros	

7. RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 20/05/2022, às 10h realizou se o encontro com o Supervisor para a análise do resumo bibliográfico do Projecto.
E neste encontro, o Supervisor corrigiu o resumo e sugeriu algumas melhorias para o trabalho.

8. RECOMENDAÇÕES:

5. OBSERVAÇÕES

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

08/06/2022

ANEXO 6.

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL06	Data:	10/06/2022
---------------------	--------------	-------	------------

9. AGENDA:

Análise descritiva e justificativa do Projecto

10. PRESENÇAS

Supervisor	Eng Anacleto Albino
Co-Supervisor	
Estudante	Karen Nhanombe
Outros	

11. RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 10/06/2022, às 10h realizou se o encontro com o Supervisor para a análise descritiva e justificativa do Projecto.
E neste encontro, discutiu se vários assuntos relacionados com o trabalho.

12. RECOMENDAÇÕES:

5. OBSERVAÇÕES	
6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	15/06/2022

ANEXO 6.

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL06	Data:	22/06/2022
---------------------	--------------	-------	------------

13. AGENDA:

Correção e análise do tema do TAT

14. PRESENÇAS

Supervisor	Eng Anacleto Albino
Co-Supervisor	
Estudante	Karen Nhanombe
Outros	

15. RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 22/06/2022, às 10h realizou se o último encontro com o Supervisor segundo plano de actividades para a análise descritiva e justificativa do Projecto.
E neste encontro, discutiu se vários assuntos relacionados com o trabalho.

16. RECOMENDAÇÕES:

5. OBSERVAÇÕES	
6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	

ANEXO 5

GUIAS DE AVALIAÇÃO

ANEXO 10.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortígio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3. 1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)					

Total de pontos (max: 100)	
-----------------------------------	--

Nota (=Total*0,2)	
--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

ANEXO 10.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortúgio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1.Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2.Rigor	1	2	3	4	5					
3.3.Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4.Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5.Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4.Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal(max: 20)					

Total de pontos (max: 100)	
-----------------------------------	--

Nota (=Total*0,2)	
--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

ANEXO 10.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortúgio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 45)										

3. Argumentação										
3.1.Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2.Rigor	1	2	3	4	5					
3.3.Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4.Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5.Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4.Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal(max: 20)					

Total de pontos (max: 100)	
-----------------------------------	--

Nota (=Total*0,2)	
--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

ANEXO 11.

GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA (PELO JÚRI)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortúgio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal(max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal(max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

ANEXO 11.

GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA (PELO JÚRI)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortúgio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal(max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal(max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

ANEXO 11.

GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA (PELO JÚRI)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortúgio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal(max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal(max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

ANEXO 13.
FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortúgio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $=(N1*A+N2*B)/100$

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

ANEXO 13.
FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortúgio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $=(N1*A+N2*B)/100$

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

ANEXO 13.
FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Karen Ermelinda Ortúgio Nhanombe

Referência do tema: 2022ELEPPL06

Data:07/03/2022

Título do tema: Análise Do Aumento De Potência Firme Para A Alimentação Das Cargas Eléctricas Do Centro De Tratamento De Fumos (CTF) Da Fábrica De Alumínios Mozal Em Beluluane – Matola

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $=(N1*A+N2*B)/100$

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	